



Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för veterinärmedicin  
och husdjursvetenskap  
Institutionen för husdjurens miljö och hälsa

# **Evolution av färgteckningen hos zebror**

## **-Varför har zebrorna fått sina ränder och varför har olika zebraarter olika färgteckning**

*Sofia Karlsson Warring*



*Uppsala  
2016*

*Veterinärprogrammet, examensarbete för kandidatexamen*

*Delnummer i serien: 2016:46*



# Evolution av färgteckningen hos zebror - Varför har zebrorna fått sina ränder och varför har olika zebraarter olika färgteckning

Evolution of the zebra stripes – Why do the zebras  
have stripes and why do the stripes differ between  
species

*Sofia Karlsson Warring*

*Handledare: Jens Jung, Institutionen för husdjurens miljö och hälsa*

*Examinator: Eva Tydén, Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap*

**Omfattning:** 15 hp

**Nivå och fördjupning:** grund nivå, G2E

**Kurstitel:** Självständigt arbete i veterinärmedicin

**Kurskod:** EX0700

**Program:** Veterinärprogrammet

**Utgivningsort:** Uppsala

**Utgivningsår:** 2016

**Serienamn:** Veterinärprogrammet, examensarbete för kandidatexamen

**Delnummer i serie:** 2016:46

**Elektronisk publicering:** <http://stud.epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** zebror, *Equus*, ränder, mönster, kamouflage, grevyzebra, bergszebra, stäppzebra.

**Key words:** Zebra, *Equus*, stripes, pattern, camouflage, *Equus grevyi*, *Equus zebra*, *Equus quagga*.

Sveriges lantbruksuniversitet  
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap  
Institutionen för husdjurens miljö och hälsa



## INNEHÅLL

Sammanfattning .....	1
Summary .....	2
Inledning .....	4
Material och metoder .....	4
Litteraturoversikt.....	5
Zebrans arter .....	5
Geografiskt område för zebbor.....	5
Andra randiga djur .....	5
Evolutionära teorier för syftet bakom zebrans ränder.....	6
Temperaturreglering .....	6
Tsetseflugan .....	7
Rörelsekamouflage (motion dazzle) .....	7
Förstärkning .....	8
Utseendeskillnader mellan de olika arterna .....	9
Diskussion.....	11
Temperaturreglering .....	11
Tsetseflugans utbredning .....	12
Rörelsekamouflage .....	12
Förstärkning .....	13
Förflyttning till nya habitat .....	13
Sexuell betingning .....	14
Synförmåga .....	14
Randiga djur.....	15
Slutsats .....	16
Referenslista.....	16



## SAMMANFATTNING

Detta arbete är en litteraturstudie med syfte att gå igenom teorier bakom zebrans ränder och de eventuella anledningarna bakom arternas varierande färgteckning. Det finns många teorier som sägs vara anledningen till zebrans ränder och jag har valt ut de mest studerade teorier och de jag själv tycker är rimligast. De teorier jag valt att ta upp i detta arbete är temperaturreglering, tsetseflugor, rörelsekamouflage och förstärkning.

Zebrans tre arter har olika utseenden på sina ränder. Grevyzebrorna har smala ränder och en vit mage. Bergszebrorna har tjockare ränder och även de en vit mage. Stäppzebrorna har tjockare ränder, ingen vit mage och har ”skuggränder” mellan de svarta ränderna. Stäppzebror i söder har i princip alltid dessa skuggränder, medan det är ovanligt att se dessa på zebrorna som lever längre norrut. Att stäppzebrorna i norr inte har några skuggränder kan bero på att de behöver starka kontraster på sina ränder för att temperaturregleringsteorin ska fungera. Stäppzebrorna i söder lever inte i lika höga temperaturer och är därför inte beroende av temperaturreglering lika mycket.

Temperaturregleringsteorin bygger på att zebrans svarta och vita ränder värms upp olika mycket och det bildas därför luftströmmar mellan ränderna, vilket kyler ner zebran. Mest kontrasterande ränderna bör ses på djur som bor i varmare habitat. Detta stämmer för stäppzebran, som beskrivet ovan. Men även bergszebran har starka kontraster på sina ränder, medan de lever i lägre temperaturer, vilket motsäger denna teori. Det finns inga studier gjorda på temperaturregleringsteorin, vilket gör teorin ifrågasättbar.

En annan teori är att tsetseflugor och tabanidflugor ogillar att landa på randiga djur och zebrorna på det sättet skonas från dem. Dessa flugor kan bära på allvarliga sjukdomar, som exempelvis sömnjukan. Att det har blivit en selektion av de ränder som skonar zebran från dessa sjukdomar känns rimligt, det finns dessutom studier som stödjer denna teori.

Rörelsekamouflage är ytterligare en teori bakom zebrans ränder. Den säger att rovdjur blir förvirrade av zebrans ränder när zebran är i rörelse, och kommer ha svårt att bedöma djurets hastighet och riktning. Detta kan eventuellt bero på att två optiska illusioner uppstår, dessa kallas barber-pole och wagon-wheel. Studierna är gjorda med datorsimulationer, och inte på savannen som jag hade velat. Studierna är testade på människor, och tar inte hänsyn rovdjurens synförmåga. Illusionerna uppstår när man testat på stäppzebrans färgteckning, men ingen studie är gjord på bergszebran eller grevyzebran. Därför finns det många aspekter som gör denna teori osäker.

En annan teori är förstärkningsteorin, som säger att när zebrorna rör sig i flock kommer det bli lättare att urskilja de svaga eller skadade individerna tack vare flockens ränder. När flocken sätts i rörelse kommer ränderna att röra sig på ett visst sätt och de djur som rör sig annorlunda kommer att sticka ut från den generella bakgrunden och bli mer synliga. Rovdjuren kommer då att kunna se de svaga och skadade djuren och får en god chans att fälla den zebran. Även denna studie är uppbyggd på datorsimulering och mänsklig synförmåga, vilket jag tycker ger teorin mindre trovärdighet.

## SUMMARY

This essay is a literature review, with the purpose of going through different theories behind the zebra's stripe patterns and also the stripes' differences between the zebra species. I have gone through different theories and the ones I present here are the ones that have been most widely studied. These are: temperature regulation, the tsetse flies impact, motion dazzle and amplification.

The three species of the zebra have different appearances. The Grevy zebra has a lot of thin stripes and a white stomach. The mountain zebra has thicker lines and also a white stomach. The plain zebra has thicker lines and are striped all over the stomach. They have "shadow lines" in between the thicker stripes. The shadow lines are more common among the plain zebras that live southern in Africa, than for the zebras that live further north. A reason for that could be temperature regulation. In the north it is generally warmer, which makes temperature regulation more important than for the zebras that live further south in lower temperatures.

Temperature regulation is based on the fact that white and black surfaces are heated differently, which creates small airflows in between the stripes and lower the zebra's temperature. There should be more contrasting colouration among zebras that live in high temperatures. That coincides for the plain zebra, as written above. But the mountain zebra lives in lower temperatures, and still has sharp contrasting stripes, which contradicts this theory. Also, there are no studies made on the subject, which makes this theory questionable.

Another theory is that the tsetse flies and tabanid flies do not like to land on striped animals, which results in the zebra getting bitten more rarely. These flies can carry serious diseases, for instance sleeping sickness. It makes sense that stripes that repel these flies have evolved and there are well-made studies that support this theory.

Motion dazzle is yet another theory behind the zebra's stripes. If a predator prey on a zebra, the motion dazzle will make it harder for the predator to determine the zebra's speed and direction. The two optical illusions that could explain the correlation, is called wagon-wheel and barber-pole. These studies are made with computer simulation and not in the zebras' true environment. Also, this study doesn't take in consideration the predators' vision and is only tested on the plain zebra. No studies have been made on the Grevy zebra or the mountain zebra. That makes this theory doubtful.

Another suggestion is that the zebra's stripes make an amplifier of individual quality in a herd. When a herd is running together, a general background is created and if any individual is running differently from the herd, that individual is easier to point out. The predators can therefor easier notice a weak or wounded individual. This study is also built on computer-simulations and has no consideration of the predators' sight, which makes this theory uncertain.





## **INLEDNING**

Hos Afrikas djur är färgteckningen vitt utbredd. Det finns djur med ränder, prickar, fläckar och djur som är med sitt kamouflage väl dolda i deras omgivning. Men hur kan det komma sig att djuren har så pass varierande färgteckning? Och då inte bara mellan djurslagen - utan även mellan arterna. Varför smälter vissa djur in i omgivningen, medan andra sticker ut från den? Finns det en logisk förklaring bakom all färgteckning?

I detta arbete har jag valt att fokusera på ett specifikt djur, vars färgteckning har varit ett samtalsämne redan sedan Darwins tid (How & Zanker, 2013; Caro, 2009). Jag pratar såklart om zebran, med sina framträdande ränder. Det finns många teorier bakom varför zebrorna har sina ränder och det är många studier gjorda inom området. Jag vill med detta arbete bena ut de olika teorierna och ta reda på vad som verkar vara den evolutionära anledningen till zebrans ränder. Jag tänker dessutom jämföra färgteckningen hos de olika arterna av zebran, försöka ta reda på vilka skillnader de har i utseende och om det finns någon orsak till att de har fått just sina specifika typer av ränder.

## **MATERIAL OCH METODER**

Vid litteratursökningen har jag använt mig av Google Scholar & Web of Science. Sökord: "Zebra" AND "Equus" OR "Equus zebra" OR "Equus quagga" OR "Equus grevyi" AND "color", "colour" OR "pattern" OR "stripes" OR "camouflage".

## LITTERATURÖVERSIKT

### **Zebrans arter**

Det finns tre arter hos zebran; bergszebran (*Equus zebra*), stäppzebran (*Equus quagga*, tidigare namn *E. burchelli*) och grevyzebran (*Equus grevyi*). Bergszebran har två underarter (Egri *et al.*, 2011; Groves & Bell, 2002) – Cape bergszebra (*Equus zebra zebra*) och Hartmanns bergzebra (*Equus zebra hartmannae*). Stäppzebran har sex olika underarter (Groves & Bell, 2002), men en relativt nyligen utdöd underart (*Equus quagga quagga*) har varit en sjunde underart (Hack *et al.*, 2002).

### **Geografiskt område för zebror**

Den geografiska spridningen av alla undergrupper av zebror har minskat avsevärt under de senaste 200 åren och består numera av fragment av den betesmark som de hade i början på 1800-talet (Moehlman, 2002). Den zebraart som har drabbats värst är grevyzebran (Williams, 2002).

Bergszebran lever i dagsläget i södra och västra Afrika (Egri *et al.*, 2011), medan de tidigare har varit utbredda i bergsregionerna längst ned i Sydafrika (Novellie *et al.*, 2002). Stäppzebran lever i södra, västra och östra Afrika, även om deras historiska habitat har varit från Kenya till Sydafrika (Cordingley *et al.*, 2009). Grevyzebran finns nuförtiden i central-norra Kenya och i Etiopien (Sundaresan *et al.*, 2008; Egri *et al.*, 2011; Faith *et al.*, 2013), även om de historiskt sett har funnits både i Etiopien, Somalia, Eritrea, Djibouti och Kenya (Faith *et al.*, 2013, Williams, 2002).

Det finns överlappningszoner där flera olika arter av zebran finns, t.ex. i norra Kenya/södra Etiopien, där både grevyzebran och stäppzebran lever (Cordingley *et al.*, 2009). Det har setts blandade flockar och Cordingley *et al.*, (2009) har tagit fram bevis på att det har skett en naturlig hybridisering av de två arterna.

I det vilda lever bergszebran och grevyzebran i en torr omgivning, medan stäppzebran lever på savann (Olléová *et al.*, 2012.) I Etiopien, Namibia och södra Afrika är det torr stäpp, medan det i Kenya är ekvatoriell stäpp (Schulz & Kaiser, 2013).

### **Andra randiga djur**

Det finns ett stort antal randiga djurarter och ett urval av dessa är tigrar, lemurer, jordekorrar, ormar (bl.a. krait), tapir, okapi, skunkar, vildsvinskultingar, getingar och strimmiga hyenor.

Ränderna på djur kan antingen vara utspridda över hela kroppen som hos en tiger, eller bara finnas på vissa ställen på kroppen, som ränderna runt en lemurs svans (Mills & Patterson, 2009). Det har varit svårt att upptäcka vilka gener som ligger bakom ränder och hos labbmöss har forskare hittills bara lyckats hitta en mutation som orsakar ränder (Mills & Patterson, 2009). Forskning har även

skett på zebrafiskar, där de visade på att mutationer på genen *Connexin41.8* gav olika färgmönster på zebrafisken (Watanabe & Kondo, 2012).

Randiga mönster hos djur har oftast som funktion att fungera som kamouflage, och detta sker på två olika sätt (Godfrey *et al.*, 1987). För det första kan ränderna efterlikna omgivningens mönster och det är denna typ av kamouflage som tigrar använder sig av när de smyger på bytesdjur genom högt gräs. Ett annat sätt som kamouflage kan fungera på, är att ränderna går igenom djurets naturliga kontur och på så vis stör den karakteriserande konturen av djuret. Sådana störande mönster måste likna omgivningens färg och proportioner till viss del ändå, och därför är det ingen kristallklar linje mellan de två olika sätten som kamouflage fungerar på (Godfrey *et al.*, 1987).

### **Evolutionära teorier för syftet bakom zebrans ränder**

Zebrornas färgteckning har alltid varit lite av ett mysterium för de som är intresserade av kryptisk färgning, eftersom zebrorna enkelt kan ses under dagsljus i de flesta landskap, trots att deras ränder bör ge en störande effekt på deras kroppsform/kroppscontur (Godfrey *et al.*, 1987). Det är bara under gryning och skymning som ränderna tycks sammansmälta till en grå massa för våra ögon och zebrorna blir kryptiska (Godfrey *et al.*, 1987).

Kryptisk färgning kan dock komma i många former och är inget enkelt uttryck (Stevens & Merilaita, 2008). Några exempel på kryptisk färgning är "bakgrundsmatchning" (background matching), där utseendet på djuret matchar bakgrunden färg-, ljus- och mönstermässigt. "Självsuggningsdöljande" (self-shadow concealment), där direkt ljus, som skulle leda till skuggning, stoppas av kontrastuggning. Även "borttagande skuggning" (oblitative shading) är en kryptisk färgning där kontrastuggning leder till försvagning av den tredimensionella formen. "Disruptiv färgteckning" (disruptive coloration), ger falska konturer av djuret och gör det svårare att känna igen djuret. "Flicker-fusion kamouflage" (flicker-fusion camouflage), innebär att mönster som exempelvis ränder blir suddiga under rörelse för att matcha omgivningen. Slutligen finns även "distraherande teckning" (distractive markings), vilket omdirigerar uppmärksamheten på mönstret, snarare än något som skulle avslöja djuret, som t.ex. konturen (Stevens & Merilaita, 2008).

### **Temperaturreglering**

Det finns en teori om att zebrans ränder kan påverka temperaturregleringen (Larison *et al.*, 2014). Hypotesen är byggd på att de svarta och vita ränderna på zebran värms upp på olika sätt, vilket skulle skapa en luftström mellan ränderna, vilket i sin tur ger en kylande effekt. Denna mekanism skulle i teorin fungera bäst vid starkt kontrasterande ränder, som hos zebrans svart-vita ränder. Larison *et al.*, (2014) anser därför att vi borde se mest kontrasterande ränderna i områden där zebrorna är utsatta för högst temperaturer.

På temperaturregleringshypotesen finns det inga direkta studier publicerade, men det finns tester

där forskare mätt zebrornas yttemperatur med en IR termometer på avstånd. Detta har visat att zebrorna har signifikant lägre yttemperatur (29,2 °C jämfört med 32,5 °C) än andra jämnstora herbivorer som betade under samma förutsättningar (Larison *et al.*, 2014). Även observationer av olika skuggletande beteenden mellan de tunnrandiga grevyzebrorna och de tjockrandiga stäppzebrorna visar att bredden på ränderna kan ha en betydelse i temperaturregleringen (D. I. Rubenstein 1980, personal observation). Larison *et al.*, (2014) visar ett starkt samband mellan temperaturer i omgivningen och zebrornas ränder, vilket leder dem till slutsatsen att temperaturregleringshypotesen stämmer (Larison *et al.*, 2014).

### **Tsetseflugan**

Det finns teorier om att tsetseflugor (*Glossina spp.*) undviker att landa på svart-vita ränder, vilket skulle betyda att zebran skulle skonas i hög grad från dessa flugor. Denna teori togs fram redan 1930 (Harris, 1930) och har sedan dess testats flera gånger.

Tsetseflugor använder förutom sin syn även lukten för att lokalisera värddjuret (Blahó *et al.*, 2013). Detta betyder att även om djuret har en oattraktiv färgteckning, kan djuret ändå vara attraktivt för tsetseflugan om djuret luktar rätt. Är däremot zebran i närheten av djur som har en mer attraktiv färgteckning, kan ränderna fortfarande vara fördelaktiga för zebran (Gibson, 1992).

Gibson (1992) testade tsetseflugans tendens att landa på olikfärgade måltavlor. I försöket användes måltavlor med: svart, vitt, grå, med vertikala ränder (5 cm breda) och med horisontella ränder (i samma bredd). Gibson (1992) hade även tillsatt värddjurets lukt under försöket, för att avsaknaden av djurens lukt inte skulle hindra tsetseflugan från att landa. Hon testade attraktiviteten av de 5 olika måltavlorna i olika ordningar.

I studien landade flugorna helst på de vita och svarta måltavlorna, och på dessa i lika stor utsträckning. Efter det var de gråa och måltavlan med de vertikala ränderna lika attraktiva att landa på. Signifikant mindre attraktivt var de horisontella ränderna (Gibson, 1992).

Egri *et al.*, (2011) visade att attraktiviteten minskar för tabanidflugorna (*Tabanidae*) när bredden på ränderna minskar. För både stäppzebran, grevyzebran och bergszebran är bredden på deras ränder inom det spann som attraktiviteten är som lägst hos tabanidflugorna.

### **Rörelsekamouflage (motion dazzle)**

Zebrans mönster gör djuret iögonfallande när det står stilla och betar, men det kan skydda när de rör sig tack vare rörelsekamouflage (Stevens *et al.*, 2011). Stevens beskriver rörelsekamouflage som: Mönster av kontrasterande ränder som kan minska en observatörs förmåga att bedöma hastighet och riktning av ett förflyttande byte.

Stevens *et al.*, ville med deras studie från 2011 visa att rörelsekamouflage fungerar och i studien skapades ett datorspel där försökspersoner fick försöka fånga eller hitta djur som antingen stod stilla eller var i rörelse. Detta testades i olika situationer (olikfärgade djur och rörelse/stillastående), för att se om de olika skyddande mekanismerna kamouflage och rörelsekamouflage fungerar i praktiken. Resultatet var tydligt: I rörelse blev objekten infångade färre gånger om de hade randig färgteckning, medan när det var stillastående så klarade sig de kamouflagefärgade djuren sig bäst (Stevens *et al.*, 2011).

Stevens *et al.*, (2011) drog slutsatsen att olika färgteckningar är bra vid olika situationer och passar olika djur. Zebran, som är ett aktivt och rörligt djur som spenderar mycket tid i öppna landskap, gynnas mest av rörelsekamouflage när de blir jagade av rovdjur, snarare än att inte synas när de är stillastående. Ett djur som däremot är i vila under dagen och ofta har samma omgivningsfärger runt sig, kan gynnas av att ha en kamouflagefärg.



Även How & Zanker (2013) undersökte om zebrans högt kontrasterade ränder kunde skapa en form av rörelsekamouflage. För att undersöka detta användes datorsimulationer. I studien användes 10 bilder på stäppzebror och 10 bilder på enfärgade hästdjur, varav alla bilder var tagna från sidan av djuren. Här ville de inte bara undersöka rovdjurens förmåga att se djuren, utan även tsetseflugornas.

How & Zanker (2013) kom fram till att zebrans färgteckning kunde ge upphov till två olika optiska illusionerna, som kallas barber-pole och wagon-wheel. Båda dessa illusioner har förmågan att förvirra en observatör (rovdjur eller tsetsefluga) åt vilket håll en rörelse är åt (How & Zanker, 2013).

Barber pole, av Sakurambo, 2006.

### **Förstärkning**

En teori angående zebrans ränder är att dessa kan förvirra rovdjur och göra det svårare för dem att skilja ut individer i flocken. Ljetoff *et al.*, (2007) undersökte om zebraränder istället kan - i kombination med rörelse och närhet av andra individer med samma ränder - ge en förstärkning av individernas flyktförmåga. De undersökte sambandet mellan zebrans ränder och dess kvalitetsfastställande. Ljetoff *et al.*, påstår att när en zebraflock sätts i rörelse av ett rovdjur, kan ränderna underlätta fastställande av flyktförmågan av de rörande individerna, relativt till de andra individer i flocken. Individer med avvikande hastighet eller takt kommer inte vara synkroniserad med flocken och de kommer då att sticka ut från den strukturella bakgrunden.

Ljetoff *et al.*, (2007) testade detta genom att de konstruerade animationer som innefattade fem objekt i rörelse, där ett av objekten hade ett annat rörelsemönster än de andra fyra. I de olika animationerna hade objekten olika färgmönster. De var antingen randiga, svarta, skiftande i flerfärgat (gradient) eller prickiga. En testpanel fick därefter granska dessa fyra animationer och sedan försöka identifiera det avvikande objektet.

Studien visade att objekten med randigt mönster oftare blev korrekt identifierat och speciellt om det avvikande objektet befann sig i mitten av "flocken". Följaktligen kunde de dra slutsatsen att zebrans ränder gör att individer med avvikande rörelsemönster lättare skiljs ut, snarare än att göra dem mindre synliga (Ljetoff *et al.*, 2007).

### **Utseendeskillnader mellan de olika arterna**

Av de 7 olika Equus-arterna är det bara zebrans arter stäppzebran, grevyzebran och bergszebran som har väldigt framträdande svart-vita ränder (Caro *et al.*, 2014). De olika arterna av zebran har dock olika varianter av sina ränder.



Stäppzebra, foto: Sofia Karlsson Warring, 2016. Stäppzebra med svaga skuggränder, foto: Sofia Karlsson Warring, 2016.

Stäppzebrorna har tjocka, svarta ränder och ibland svagt färgade streck emellan ränderna, så kallade "skuggränder" (Groves, 2002). Ränderna tunnare ut längst benen och nere vid hovarna är zebrorna oftast helt utan ränder (Groves, 2002). Stäppzebran är dock utbredda över ett stort geografiskt område och ser inte likadana ut överallt (Groves & Bell, 2003). I östra Afrika har de flesta stäppzebror likartat utseende, medan utseendet annars varierar mellan olika geografiska platser. Söderut i KwaZulu och Etosha har zebrorna en ockrafärg, medan de är vitare längre norrut. Stäppzebrornas skuggstreck är välutvecklade och alltid befintliga hos zebrorna i söder, medan de



är svagt uttryckta eller icke existerande hos stäppzebrorna i norr. I Malawi finns de nästan aldrig, medan det i Zimbabwe och Angola är stor variation om de finns eller ej. Ränderna på benen är sällan utvecklade och aldrig kompletta i södra delen av Afrika medan de alltid är kompletta i de norra delarna (Groves & Bell, 2003).



Bergszebra, Brian Snelson, 2015.

Bergszebrorna har tjocka svarta ränder, där de svarta ränderna är bredare än det vita mellanrummet (Groves, 2002). De har vit mage, men förövrigt är hela kroppen täckt med ränder. Cape bergszebran har bredare ränder än Hartmanns zebran (Novellie *et al.*, 2002).

Grevyzebran har ett stort antal smala ränder och även de har en vit mage (Cordingley *et al.*, 2009).



Hybrider av stäppzebran och grevyzebran har samma teckning som grevyzebran, men ränderna är bredare (Cordingley *et al.*, 2009).

Antal ränder på kroppen är olika för de olika arterna. Stäppzebran har ungefär 26 ränder per sida (Egri *et al.*, 2011). Grevyzebran har ungefär 80 ränder på varje sida och bergszebran har ungefär 55 ränder/sida (Egri *et al.*, 2011). Alla zebror har en triangel (triradius) längst upp på frambenet som bildas av ränderna som går åt olika håll och markerar starten på ringarna nedåt längst benet (Bard, 1981).

Grevyzebra, foto: Sofia Karlsson Warring, 2016.



## DISKUSSION

### *Temperaturreglering*

Av zebrornas habitat är det högst temperaturer för zebrorna som finns i norr, och vi bör därför se att zebrorna där har de starkaste kontrasterna i sina ränder. Grevyzebran lever och har även historiskt sätt levt rätt långt norrut i Afrika (Williams, 2002). Som jag visat tidigare har grevyzebrorna de smalaste ränderna och även flest i antal. Detta borde då i teorin skapa väldigt många små luftströmmar mellan ränderna, vilket borde gynna zebrans nedkylning. Detta är praktiskt med tanke på att deras habitat ligger långt norrut, med höga temperaturer.

Stäppzebran har ett väldigt utspritt habitat, där vissa lever nära ekvatorn och andra långt söder om den (Hack *et al.*, 2002). Vi vet att stäppzebrorna ser olika ut i norr och söder. De längre söderut har en ockrafärg, snarare än vit och skuggränderna finns närvarande på nästan alla stäppzebror i söder, medan de nästan aldrig ses hos stäppzebrorna i norr. I norr är klimatet varmare och skuggränderna borde missgynna zebrans nedkylningsprocess, eftersom det inte blir en lika starkt kontrasterande teckning. Detta stärker hypotesen om temperaturregleringen. Även det faktum att ockrafärg och svart inte ger lika skarp kontrast som svart och vitt, stärker denna teori.

Bergszebran bor längst söderut i Afrika, där det generellt sätt inte är lika höga temperaturer (Novellie *et al.*, 2002). Bergszebrorna har trots det starkt kontrasterande ränder. Temperaturregleringshypotesen känns rimlig för de zebror som bor i varma temperaturer, men eftersom bergszebran inte gör det och ändå har stark kontrast på sina ränder, motsägs denna teori.

Varför har just zebraarterna fått ränder, men inte andra Equus-arter? Den afrikanska vildåsnan (*Equus africanus*) lever i norra Afrika där temperaturen är högre än i bergszebrans habitat. Vildåsnan har endast ränder på benen, och om temperaturregleringsteorin ska stämma vore det mer rimligt att den afrikanska vildåsnan vore helrandig, och bergszebran skulle sakna ränder. Dessutom, om temperaturen skulle vara en bidragande faktor till zebrornas ränder i varma områden, borde även andra djurslag i området ha liknande mönster. Rimligtvis borde andra djur adaptera denna försvarsmekanism mot värmen, om den skulle fungera.

I Sydafrika har temperaturen ökat mellan 1960-2003 (Kruger & Shongwe, 2004). Den ökar i genomsnitt 0,11 grader per decennium (Kruger & Shongwe, 2004). Om temperaturen fortsätter att öka, kan det innebära att zebrorna behöver flytta för att hålla sig inom sin optimumtemperatur. Detta kan påverka hur zebrorna gynnas av sina ränder. Zebror kan t.ex. ha ränder som varit bra på att leda bort värme, men inte har anpassat sig efter att hålla insekter borta. Skulle dessa zebror nu komma in i ett område där tsetseflugorna bär på farliga sjukdomar, och deras ränder då inte är optimalt anpassade för att hålla tsetseflugorna borta, kan detta ge allvarliga konsekvenser. Om zebrorna inte flyttar sig för att vara anpassade för klimatet, utan stannar kvar - kommer zebrorna och dess ränder då så småningom att anpassa sig till de nya förutsättningarna?

Det borde inte vara så svårt att undersöka noggrannare om temperaturregleringshypotesen fungerar,

om forskare satte ihop en studie. Testet skulle exempelvis kunna simulera zebrans naturliga omgivning genom att lysa med solljus på material med olika slags mönster och därefter jämföra temperaturen för de olika mönstren. Man skulle då exempelvis kunna jämföra enkelfärgat, randigt och prickigt. Skulle det randiga mönstret ge en lägre temperatur, har man stöd för att denna teori stämmer.

### ***Tsetseflugans utbredning***

En väldigt populär teori för zebrans ränder är tsetseflugan-teorin. Vi har sett studier som bevisar att både tsetseflugan och tabanidflugorna undviker att landa på randiga bilder. Men de studier som jag har hittat har bara gjorts med just bilder. Ingen forskning som jag har hittat har testat tsetseflugornas vilja att landa på riktiga zebror. Det känns som det borde finnas fler faktorer som har att göra med deras vilja att landa på zebror än syn och lukt - vilket är de faktorer de räknat in i studierna. Hur är det med vind, temperatur och andra parametrar? Det är aspekter som jag vill få med i studierna, innan jag köper denna teori helt och hållet.

Att bli biten av en tsetsefluga eller en tabanidfluga gör ont. Men det farligaste med att bli biten av dessa är inte smärtan, utan att insekterna kan bära på olika sjukdomar. Exempelvis kan tsetseflugan bära på trypanosoma (*Trypanosoma spp.*), eller sömnjukan som den också kallas. Även tabanidflugor kan bära på sjukdomar, som t.ex. *Trypanosoma evansi*, *Bacillus anthracis* och *Anaplasma marginale* (Baldacchion *et al.*, 2014). Det är dock inte alla insekter som bär på sjukdom, då de själva måste bita ett infekterat djur för att bli vektor till sjukdomen. I områden där farliga sjukdomar inte finns, borde ränderna inte ha utvecklats på samma sätt, eftersom det inte blivit någon naturlig selektion där de individer med bäst ränder överlever. Själva bettet är obehagligt, men inte farligt i sig om insekten inte bär någon smitta. Däremot påverkas djuren såklart ändå av att ha irriterandeflugor som biter på dem, **och kan därmed avleda zebrans fokus från t.ex. uppmärksamhet mot rovdjur**. Det påverkar deras vardag, genom att de inte har ro att äta, vila, osv. Det lär påverka zebrornas hälsa till det negativa. Alltså gynnas zebran av att inte bli biten, även om insekterna i området inte bär på sjukdomar.

Tsetseflugan undviker helst horisontella ränder och faktum är att den nedre delen av zebran är mest horisontellt linjerad, speciellt när de betar och har huvudet mot marken. Detta leder till ett bra skydd motflugorna när zebran betar. Ett annat skydd mot insekter är det faktum att ju tunnare zebrornas ränder blir, desto mer minskar attraktiviteten för tabanidflugorna. Detta kan vara den evolutionära anledningen till att de smalaste ränderna hos zebrorna generellt är på huvudet och benen. Det är där huden är som tunnast och insekterna enklast kan bita igenom huden.

### ***Rörelsekamouflage***

Rörelsekamouflage ger fördelen att rovdjur blir förvirrade av zebrans mönster och detta ger

zebrorna större chans att undkomma faran, en utveckling som rimligtvis skett efter antalet rovdjur som befunnit sig i närheten. För lejon i Afrika är zebrior ett väldigt viktigt byte, vilket leder till att lejon kommer att befinna sig på ställen där det finns zebrior. Lejon har alltså evolutionärt sett alltid varit närvarande i zebrans liv och det känns därför rimligt att det har utvecklats ett mönster som skulle kunna förvirra ett lejon och öka zebrans chanser för att komma undan.

I How & Zankers studie från 2013 användes stäppzebror för att få fram två optiska illusioner, barber-pole och wagon wheel. Därför går det inte med säkerhet säga att dessa illusioner stämmer överens på alla zebrans arter, utan man kan endast säga att det stämmer på stäppzebran. Bergszebran har dock ett mönster som liknar stäppzebrans till stor del, och där lär samma optiska illusioner konstrueras. Hos grevyzebran är mönstret dock så pass annorlunda att jag inte tror att det skulle bli samma illusioner. Har då grevyzebran någon annat slags rörelsekamouflage, eller saknar de det skyddet helt? Är detta kanske en bidragande faktor till deras nedgång i antal inom populationen?

### ***Förstärkning***

Förstärkning ger ingen positiv effekt för en enskild, sjuk zebra, utan ger snarare en dödsdom. Men ur ett större perspektiv så är det bättre om ett rovdjur kan urskilja ett svagt djur och fälla det, istället för att döda ett friskt och starkt djur. Här kommer teorin ”survival of the fittest” in lämpligt. Det blir en naturlig selektion där de djur som är svaga och sjuka inte överlever, vilket gynnar arten genetiskt på sikt. Det är bra att de djur som är starka för vidare sina gener till framtida generationer och att de svaga inte gör det.

Det skulle såklart kunna vara så att ett starkt ledardjur tillfälligt är skadat, och om den individen skulle bli fällt på grund av förstärkning, vore detta negativt ur ett genetiskt perspektiv. Men jag tror ändå att förstärkningen på sikt gynnar zebran som art.

### ***Förflyttning till nya habitat***

Grevyzebran har minskat rejält i antal och har sedan slutet på 70-talet minskat med 75 % (Williams, 2002). År 2008 låg antalet på ungefär 1966-2447 i det vilda (Moehlman et al., 2013). I fångenskap finns 507 grevyzebror (Marwell Wildlife, 2013). Även deras habitat har minskat rejält, men zebrior har rört sig längre söderut och det är först i det nya habitatet som de faktiskt har lyckats öka i antal under de två senaste decennierna (Williams, 2002).

Grevyzebrorna har väldigt speciella ränder. De är smalare och fler i antal om man jämför med andra zebraarter. Har dessa bildats av någon specifik anledning, med tanke på det område de har levt i? Jag har diskuterat möjligheten att ränderna skulle kunna påverka temperaturregleringen, vilket är en möjlighet. Men kan det kanske finnas fler positiva aspekter till att ha många, smala ränder?

Kanske efterliknar det gräs bättre, och zebrorna kan därför bättre smälta in i högt gräs, speciellt under kvälls-/nattid. Är detta anledningen till att de överlever bättre i det nya området söderut? Eller finns det någon äldre anledning till att de har fått sina specifika ränder och i med att de nu flyttat till nya områden, kommer de tappa sina specifika överlevnadsegenskaper?

### **Sexuell betingning**

En teori som förvånansvärt nog inte dykt upp när jag sökt på teorier bakom zebrans ränder, är den sexuella betydelsen. Teorin om sexuell selektion skapades redan 1871 av Darwin (Amrhein, 1999). Om djuren är polygamister är det de djur med starka egenskaper, t.ex. fint färgmönster, stark kropp, vacker sångröst och så vidare, som får para sig mest och på så sätt lyckas få hög fitness (Amrhein, 1999). Evolutionen gör att de egenskaper som honorna uppskattar, är de som får följa med till nästa generation. Detta kallas för "female choice" och det är det som gör arten till vad den är nuförtiden (Amrhein, 1999). Zebrans ränder kan absolut vara en utveckling efter vad honorna uppskattat. De hanar med flest eller skarpast kontrasterande ränder har fått para sig och på så sätt gett sina randiga gener till nästa generation, där selektionen har fortsatt. Detta kan också vara en anledning till att olika zebraarter har fått olika färgteckning. Arterna kan ha utvecklats åt olika håll efter vad dess honor uppskattat.

### **Synförmåga**

En annan aspekt när man pratar om hur vissa mönster förvirrar lejon eller insekter, är synen och hur djuren faktiskt uppfattar färger och mönster. Alla djurslag har inte en enhetlig synförmåga, utan olika djur uppfattar färger och mönster på olika sätt. Ett exempel på detta är antalet stavar och tappar. Alla däggdjur har både stavar och tappar, men det är stora variationer mellan arter i hur många av varje sort som finns (Jacobs, 2009). Stavarnas influens på färgseende hos däggdjur är så gott som ostuderat, förutom hos människa.

Det finns 4 olika typer av tappar, där vissa fåglar, fiskar och reptiler har alla 4 sorter, primater har 3 olika och de flesta placentadäggdjur har 2 olika typer av tappar (Jacobs, 2009). Trots att de flesta placentadäggdjuren har samma antal tappar, har olika arter olika arrangemang av dessa och de har utvecklats för att arten ska ha största möjliga nytta av sitt färgseende (Jacobs, 2009).

Lejon är främst aktiva på natten (Schaller, 2009) och bör därför ha utvecklat ett bra mörkerseende. Dock har många nattaktiva djur fått genmutationer och förlorat sina S-tapparna (Jacobs, 2009). Att dessa genmutationer har spridits inom nattaktiva arter, borde betyda att mutationen bidrar till en fördel för synen hos dessa djur. Denna mutation finns dock inte hos alla nattaktiva djur, utan t.ex. kattdjur är några av dem som är aktiva på natten men ändå har kvar sina S-tapparna (Jacobs, 2009). Frågan är då varför vissa nattaktiva djur verkar gynnas av denna genmutation, medan andra inte

gör det? Kanske smälter en ensam zebra in i bakgrunden om den står i högt gräs, om lejonet inte ser så mycket färger och gräset och zebrans ränder har liknande form. Speciellt om då lejon inte vidare har utvecklat sitt nattseende genom att förlora sina S-tappar, som andra nattaktiva djur.

De flesta studier som finns idag bygger på mänsklig synförmåga. Exempelvis är de tester som finns på rörelsekamouflage gjorda genom datastimuleringar där människorna är försökspersonerna. Vi har läst att olika djur har olika synförmåga, och primater har en helt annorlunda synförmåga mot övriga djur. Bara för att vi människor uppfattar något på ett sätt, betyder det inte alls att lejon eller andra djur uppfattar samma sak på samma sätt. Detta kan vara en viktig felfaktor inom de studier som är gjorda.

### **Randiga djur**

Varför har vissa djur fått ränder eller prickar, medan andra djur är enfärgade? Detta är såklart ingen enkel fråga att svara på. Godfrey (1987) menar att kamouflage oftast är anledningen till att djur är randiga. Detta tycker även jag är en rimlig förklaring. Att smälta in i bakgrunden för att undvika att bli jagad eller för att undvika att bli sedd när djuret själv jagar, är en grundläggande förutsättning för att överleva. Även den sexuella selektionen skulle kunna vara anledningen till att vissa djur är randiga. Att djur har en viss färg, färgteckning eller speciell egenskap behöver inte alls ha med en praktisk funktion att göra, utan det kan även vara en utveckling av sexuell selektion.

Varför är tigrar randiga men inte lejon? Dessa djur är båda rovdjur och har liknande sätt att jaga. En faktor som påverkar kan vara omgivningen. Där tigern jagar är det ofta högt gräs och ränderna gynnar då dem när de ska smyga sig på sina byten, eftersom ränderna efterliknar det höga gräset (Godfrey *et al.*, 1987). Lejonet jagar istället på savannen och smälter in bra i omgivningen utan ränder.



Lejon på savannen, foto: Sofia Karlsson Warring. 2016.

En annan aspekt i det hela kan vara hur tigrar och lejon lever. Lejon lever tillsammans i grupper och jagar även tillsammans. Tigrar lever generellt solitärt (IUCN, 2015), och

måste då även jaga själva. Att fälla ett byte borde vara lättare om man är flera tillsammans, än om

man jagar själv. Därför tänker jag att det är viktigare för en tiger att kunna dölja sig väl i sin omgivning för att kunna smyga sig på sitt byte så nära som möjligt. En tiger som blir upptäckt har ingen annan som kan hjälpa den att hinna ikapp bytet. Evolutionen som gett tigrarna bäst anpassade ränder för ett bra kamouflage, är de tigrar som överlevt och kunna ge nästa generations tigrar liknande ränder. För lejonerna som jagar i grupp går det ofta ganska bra att fälla ett byte trots att de kanske inte kan dölja sig lika bra i omgivningen.

### **Slutsats**

Nu när jag har granskat och diskuterat de olika teorierna som finns bakom zebrans färgteckning, så är frågan - vad verkar egentligen rimligast för att förklara zebrans ränder? Jag tror dock inte att det är så enkelt som att en av dessa teorier kan till 100 % förklara alla zebrors ränder. Efter vad jag har läst, tror jag att ränderna har uppkommit och sedan har de gynnat zebrorna på flera olika sätt. De zebror som har fått mest fördelaktiga ränder, är de som har överlevt de risker som finns i deras område. Det har blivit en naturlig selektion av de ränder som gynnar zebrorna mest på olika geografiska platser, och det går inte heller att utesluta att den sexuella selektionen är en faktor. Detta tror jag är anledningen till att zebror på olika ställen har fått olika ränder. Sedan tror jag att zebrornas ränder kan ha varit till nytta för djuren, utöver det faktum att de har överlevt faror. Om en zebra exempelvis skulle leva på en plats där tsetseflugorna inte bär på dödliga sjukdomar, kan det ändå vara fördelaktigt för dem att inte bli bitna. De kan då i lugn och ro beta och vila i fred, vilket såklart även det gynnar dem.

### **REFERENSLISTA**

Amrhein, V. (1999). Sexuelle Selektion und die Evolution von Kopulationen ausserhalb des Paarbundes: Spielregeln der Weibchen, *Journal für Ornithologie*, 140: 431-441.

Bard, J.B.L. (1981). A Model for Generating Aspects of Zebra and Other Mammalian Coat Patterns, *Journal of Theoretical Biology*, 93: 363-385.

Blahó, M., Egri, A., Száz, D., Kriska, G., Åkesson, S., Horváth, G. (2013), Stripes disrupt odour attractiveness to biting horseflies: battle between ammonia, CO<sub>2</sub>, and colour pattern for dominance in the sensory systems of host-seeking tabanids, *Physiology & Behavior*, 119: 168-174.

Caro, T. (2009), Contrasting Coloration in Terrestrial Mammals, *Philosophical Transactions: Biological Sciences*, 364: 537-548.

Caro, T., Izzo, A., Reiner Jr, R.C., Walker, H., och Stankowich, T. (2014), The function of zebra stripes, *Nature Communications*, 5:3535.

Cordingley, J.E., Sundaresan, S.R., Fischhoff, I.R., Shapiro, B., Ruskey, J., och Rubenstein, D.I. (2009), Is

the endangered Grevy's zebra threatened by hybridization?, *Animal Conservation*, 12: 505–513.

Egri, A., Blahó, M., Kriska, G., Farkas, R., Gyurkovszky, M., Åkesson S., and Horváth, G. (2011), Polarotactic tabanids find striped patterns with brightness and/or polarization modulation least attractive: an advantage of zebra stripes, *The Journal of Experimental Biology*, 215: 736-745.

Faith J.T., Tryon, C.A., Peppe, D.J., Fox, D.L. (2013), The fossil history of Grévy's zebra (*Equus grevyi*) in equatorial East Africa, *Journal of Biogeography*, 40: 359-369.

Fischhoff, I.R., Sundaresan, S.R., Cordingley, J., Rubenstein, D.I. (2007). Habitat use and movements of plain zebra (*Equus burchelli*) in response to predation danger from lions, *Behavioral Ecology*, 8: 725-729.

Gibson, G. (1992), Do tsetse flies 'see' zebras? A field study of the visual response of tsetse to striped targets, *Physiological Entomology*, 17: 141-147.

Godfrey, D., Lythgoe, J.N., och Rumball, D.A. (1987), Zebra stripes and tiger stripes: the spatial frequency distribution of the pattern compared to that of the background is significant in display and crypsis, *Biological Journal of the Linnean Society*, 32: 427-433.

Goodrich, J., Lynam, A., Miquelle, D., Wibisono, H., Kawanishi, K., Pattanavibool, A., Htun, S., Tempa, T., Karki, J., Jhala, Y. & Karanth, U. (2015). *Panthera tigris*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2015*. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-2.RLTS.T15955A50659951.en>. [2016-03-30]

Groves, C.P. (2002), Taxonomy of Living Equidae, Equids: Zebras, Asses and Horses. Status Survey and Conservation Action Plan, IUCN, 94-1 07.

Groves, C. P., Bell, C. H. (2003), New investigations on the taxonomy of the zebras genus Equus, subgenus Hippotigris, *Mammalian Biology-Zeitschrift für Säugetierkunde*, 69: 182-196.

Hack, M.A., East, R., och Rubenstein, D.I. (2002), Status and Action Plan for the Plains Zebra (*Equus burchellii*), I: Moehlman, P. D, *Equids: Zebras, Asses and Horses. Status Survey and Conservation Action Plan*, IUCN, 43- 60.

Harris, R. H. T. P. (1930), Report on the Bionomics of the Tsetse Fly (*Glossina Pallidipes* Aust.) and a Preliminary Report on a New Method of Control, *Provincial Administration of Natal, Pietermaritzburg, South Africa*.

Heptner, V.G., Nasimovic A.A., Bannikov A.G. (1966) Die Säugetiere der Sowjetunion, Band I: Paarhufer und Unpaarhufer. *VEB Gustav Fischer Verlag*.

How, M.J., Zanker, J.M. (2013), Motion camouflage induced by zebra stripes, *Zoology*, 117: 163-170.

Jacobs, G.H. (2009), Evolution of colour vision in mammals, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 364: 2957-2967.

Kruger, A.C., and Shongwe, S. (2004), Temperature trends in South Africa: 1960–2003, *International journal of Climatology*, 24: 1929-1945.

- Larison, B., Harrigan, R. J., Thomassen, H. A., Rubenstein, D. I., Chan-Golston, A. M., Li, E., Smith, T.B. (2015), How the zebra got its stripes: a problem with too many solutions, *Royal Society open science*, 2: 140452.
- Ljetoff, M., Folstad, I., Skarstein, F., och Yoccoz, N.G. (2007), Zebra stripes as an amplifier of individual quality?, *Annales Zoologici Fennici*, 44: 368-376.
- Marwell Wildlife (2013-12-31). *International studbook for Grevy's zebra 2013*.  
<https://www.marwell.org.uk/downloads/grevyszebrastudbook2013doc.pdf> [2016-04-07]
- Moehlman, P. D. (2002). *Equids: Zebras, Asses and Horses. Status Survey and Conservation Action Plan*, IUCN.
- Moehlman, P.D., Rubenstein, D.I. och Kebede, F. 2013. *Equus grevyi*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T7950A21070406.en>. [2016-04-07]
- Mills, M. G. och Patterson, L. B. (2009), Not just black and white: Pigment pattern development and evolution in vertebrates, *Seminars in Cell & Developmental Biology*, 20: 72–81.
- Novellie, P., Lindeque, M., Lindeque, P., Lloyd, P., and Koen, J. (2002), Status and Action Plan for the Mountain Zebra (*Equus zebra*), I: Moehlman, P. D, *Equids: Zebras, Asses and Horses. Status Survey and Conservation Action Plan*, IUCN, 28-42.
- Olléová, M., Pluhacek, J., och King, S.R.B. (2012), Effect of social system on allosuckling and adoption in zebras, *Journal of Zoology*, 288: 127-134.
- Schaller, G. B. (2009). *The Serengeti lion: a study of predator-prey relations*. University of Chicago Press.
- Stevens, M., Merilaita, S. (2009), Animal Camouflage: Current Issues and New Perspectives, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 364: 423-427.
- Stevens, M., Searle, W.T.L., Seymour, J.E., Marshall, K.L.A., and Ruxton, G.D. (2011), Motion dazzle and camouflage as distinct anti-predator defenses, *BMC Biology*, 9:81.
- Sundaresan, S.R., Fischhoff, I.R., Hartung, H.M., Akilong, P., Rubenstein, D.I. (2008), Habitat choice of Grevy's zebras (*Equus grevyi*) in Laikipia, Kenya, *African Journal of Ecology*, 46: 359-364.
- Schulz, E., Kaiser, T.M. (2013), Historical distribution, habitat requirements and feeding ecology of the genus *Equus* (Perissodactyla), *Mammal Review*, 43:111-123.
- Watanabe, M., och Kondo, S. (2012), Changing clothes easily: connexin41.8 regulates skin pattern variation, *Pigment Cell & Melanoma Research*, 25: 326–330.
- Williams, S. D. (2002), Status and action plan for Grevy's zebra (*Equus grevyi*), I: Moehlman, P. D, *Equids: Zebras, Asses and Horses. Status Survey and Conservation Action Plan*, IUCN, 11-27.
- Fotografier:



Bergszebra: <http://flickr.com/photos/32659528@N00/2961993179>

Barberpole: <https://en.wikipedia.org/wiki/File:Barber-pole-01.gif>